

**Druck-Volumendiagramme
menschlicher Vorhöfe
im Frühgeborenen- und Kindesalter**

von
Karl Fischer
aus
Berlin

Aus dem Pathologisch-Anatomischen Institut
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. E. Müller

Druck-Volumendiagramme menschlicher Vorhöfe im Frühgeborenen- und Kindesalter

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Karl Fischer

aus

Berlin

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. A. Kröncke
Referent: Prof. Dr. Dr. E. Weinig
Tag der mündl. Prüfung: 17.10.1968

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. E. Müller
für die Übernahme des Referates und Herrn Dr. H. Breining
für seine Anregungen und Ratschläge danken.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Quantitative Studien am Herzen des lebenden Menschen sind, da sie mit Hilfe von indirekten Meßmethoden vorgenommen werden müssen (Ekg, Röntgenuntersuchungen, Kontrastmitteldarstellungen, Druckmessungen), mit unterschiedlichen Unsicherheitsfaktoren belastet. Demgegenüber gestatten Untersuchungen am Leichenherzen die Anwendung direkter und damit genauerer Meßverfahren. Ihr Nachteil ist, daß sie z.T. von unphysiologischen Voraussetzungen ausgehen, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist.

Die makroskopische Beurteilung des Leichenherzens geht von der Beurteilung der Größe, der Form und des Gewichts aus. Bezüglich einer retrospektiven Aussage über funktionelle Größen vermag sie indes nur grob zu orientieren. Dies gilt vor allem für die ersten Untersuchungen dieser Art, die sich auf die beschriebene Bestimmung der Herzgröße durch Messung seiner verschiedenen Durchmesser, auf Wanddicken- und Gewichtsbestimmungen zunächst am normalen Herzen, später unter krankhaften Bedingungen beschränkten. Hierbei interessierten in erster Linie die Veränderungen von Größe und Gewicht der Ventrikel bei angeborenen und erworbenen Herzfehlern. Erste Untersuchungen über die Kapazität der einzelnen Herzhöhlen haben HIFFELSHEIM und ROBIN (1864), HOCHREIN (1927), MORITZ und MOHR (1933) sowie SPREER (1959) vorgenommen. Aus methodischen Gründen und infolge einseitig funktioneller Orientierung auf die Kammern beschränken sich die Mehrzahl der Gewichtsbestimmungen und Längenmessungen auf die Ventrikel einschließlich des Septum interventriculare. Auch die Aussagen über das Fassungsvermögen der Herzhöhlen hatten

zunächst sehr grobe Methoden zur Grundlage, welche bei der Bestimmung des Füllungsvolumens den Füllungsdruck unberücksichtigt ließen. Derartige Untersuchungen waren zudem aus methodischen Gründen an Herzen von Säuglingen und Kleinkindern nicht anwendbar.

Deshalb bedeutet die direkte Aufzeichnung von Druck-Volumendiagrammen an menschlichen Vorhöfen einen Fortschritt, auch wenn die Ergebnisse von den hämodynamischen Bedingungen intra vitam noch abweichen. Trotzdem zeigen sie im Vergleich mit angiographisch ermittelten Vorhofvolumina soweit Übereinstimmung, daß ihnen in Vergleichsuntersuchungen verschiedener Kollektive eine praktische Aussagefähigkeit zukommt. So konnte nachgewiesen werden, daß die aus Druck und Volumen beider Vorhöfe abgeleiteten Druck-Volumendiagramme (sog. "Vorhofcharakteristik") formal übereinstimmen (BACHMANN und BREINING, 1966). Im Durchschnitt finden sich für den rechten Vorhof bei gleichem Druck höhere Volumina als für den linken. Dabei sind die Unterschiede im elastischen Verhalten der Vorhöfe, wie sie sich aus der Berechnung von Volumelastizität und Volumelastizitätsmodul ergeben, nur geringgradig. Durch die Bestimmung des Vorhofvolumenquotienten (Q_a) kann eine zu Lebzeiten bestehende hämodynamische Vorhofüberlastung noch bei der Obduktion objektiviert werden, so daß auf diesem Wege eine Erweiterung des kardialen Obduktionsbefundes um eine funktionelle Aussage möglich wird (BACHMANN und BREINING, 1966: BREINING und BACHMANN, 1966).

Druck-Volumendiagramme gewinnen auch praktische Bedeutung, seitdem man die Vorhöfe immer mehr nicht nur als anatomisch definiertes und somit funktionell unbedeutendes Reservoir beurteilt, sondern in die Betrachtung einer erweiterten, nicht nur auf die Kammern beschränkten Herzdynamik mit einbezieht. Von den zahlreichen klinischen Beispielen sollen hier nur die kompensierende linksseitige Vorhofhypertrophie bei Mitralstenose und die negativen hämodynamischen Auswirkungen von Vorhofflimmern genannt werden. Auch paradox anmutende Befunde wie normale Druckwerte im linken Vorhof bei hochgradiger Mitralinsuffizienz lassen sich nur über die veränderte Wandelastizität des vergrößerten Vorhofs erklären.

Druck-Volumendiagramme der Vorhöfe von Säuglingen und Kleinkindern haben wir bisher nur in Einzelbestimmungen eingezeichnet (BREINING und BACHMANN, 1966), an einem größeren Untersuchungsgut stehen sie noch aus. Sie versprechen eine Ergänzung anderer Parameter wie beispielsweise der physiologischen Rechtshypertrophie, welche durch die den ersten Lebensmonaten eigene Hämodynamik geprägt, das frühe Kindesalter vom Jugendlichen und Erwachsenen unterscheiden. Wir hielten es deshalb für aufschlußreich, bei Herzen von Frühgeborenen, Säuglingen und Kleinkindern mit und ohne Vitium die Füllungsvolumina der Vorhöfe in Abhängigkeit vom Füllungsdruck zu bestimmen und mit den bereits vorliegenden Untersuchungen bei Jugendlichen und Erwachsenen zu vergleichen.

Material

Die Messungen wurden an 64 Herzen von Frühgeborenen, Säuglingen und Kindern beiderlei Geschlechts im Anschluß an die Obduktion vorgenommen, meist 1 bis 2 Tage nach dem Tode. Die Thoraxorgane haben wir in toto dem Brustkorb entnommen und die untere Hohlvene zwischen Zwerchfell und rechtem Vorhof unterbunden. Das Herz blieb im Zusammenhang mit den Halsorganen und beiden Lungen. Beide Ventrikel wurden eröffnet, die Vorhöfe blieben für die Messungen uneröffnet. Durch kräftiges Ausspülen haben wir die Herzhöhlen von Blut und Cruorgerinnsel befreit, das bei kleinen Herzen meist noch offene Foramen ovale vor Beginn der Messungen durch ein eingelegtes Kartonplättchen verschlossen.

Methodik

Apparatur zur Aufzeichnung der Druck-Volumendiagramme

In Anlehnung an unsere früheren Untersuchungen (BACHMANN und BREINING, 1966) haben wir eine vereinfachte und leichter zu handhabende Meßapparatur entwickelt (BREINING und BACHMANN) und diese für die kleinen Verhältnisse des Kinderherzens nur gering abgeändert. Die Füllung der Vorhöfe erfolgte über eine selbst hergestellte Ballonsonde aus dünnem Gummi. Die Gummiblaste befand sich über 2 Cournand-Kathetern F 9. Über den einen der beiden Katheter wurde die im Vorhof liegende Gummiblaste gefüllt, über den anderen Katheter der Druck an einem Quecksilbermanometer abgelesen (Abb. 1). Da die Herzen meist sehr klein waren, haben wir die Drucksonde nicht wie bei unseren Messungen an Erwachsenenherzen

über eine Hohlvene oder Lungenvene in den jeweiligen Vorhof eingeführt, sondern über das Mitral- bzw. Trikuspidalostium. Die Abdichtung war mit Hilfe der umgebenden Muskulatur der Ventrikel durch eine entsprechend gebogene Klemme möglich.

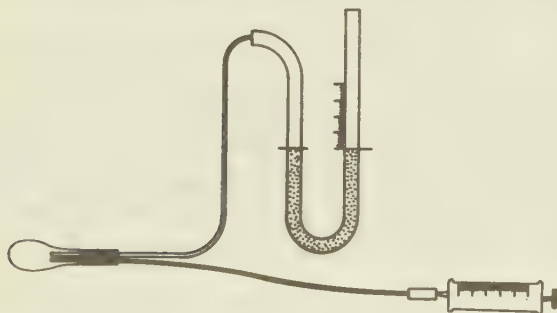


Abb. 1

Schema der Meßapparatur mit Rekordspritze, Manometer (Hg) und Gummiblase mit Doppelkatheter.

Die Füllung der Vorhöfe haben wir mit Wasser bei Zimmertemperatur und Druckstufen von 10, 20 und 50 mm Hg vorgenommen. Die Meßwerte wurden in ein Koordinatensystem eingetragen und die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Bestimmung der Massenverhältnisse

Nach Abschluß der Messungen haben wir die Herzen von Lungen und Halsorganen abgetrennt und in 10 %igem Formalin fixiert.

Die Zerlegung erfolgte nach der von W. MÜLLER angegebenen Methode, und zwar nach Bestimmung des Gesamtgewichtes (G) in 4 Portionen:

- a. Vorhöfe und Gefäßabgänge von A. pulmonalis und Aorta.
- b. Freier Anteil des rechten Ventrikels (R).
- c. Freier Anteil des linken Ventrikels (L).
- d. Kammerseptum (S).

Die muskulären Anteile der Herzen (b. - d.) wurden von anhaftenden Klappenresten und Fettgewebe befreit und auf einer Schnellwaage mit einer Genauigkeit von 0,1 g gewogen. Die graphische Darstellung der Gewichtswerte erfolgte in Anlehnung an OTTO und WEBER (1966).

Ergebnisse

In Abhängigkeit vom Körpergewicht haben wir eine Einteilung in mehrere Gruppen vorgenommen, die eine Zuordnung der Vorhofvolumina zu Lebensalter und Körpergröße der Kinder erlaubte:

<u>Gruppe I</u>	(Frühgeborene)	1000-2000 g Körpergewicht
<u>Gruppe II</u>	(Frühgeborene)	2000-3000 g Körpergewicht
<u>Gruppe III</u>	(reife Neugeborene)	3000-4000 g Körpergewicht
<u>Gruppe IV</u>	(Säuglinge)	bis zu 1 Jahr alt
<u>Gruppe V</u>	(Kinder)	2. bis 8. Lebensjahr
<u>Gruppe VI</u>	(Kinder mit angeborenen Herzfehlern)	Bei dieser Gruppe ist eine Zuordnung zu Körpergröße oder Lebensalter nicht erfolgt, da es sich um Einzelbeobachtungen

gehandelt hat, die in dieser Gruppe zusammengefaßt worden sind.

Die für den linken und rechten Vorhof getrennt aufgezeichneten Druck-Volumendiagramme lassen einen für beide Vorhöfe typischen Kurvenverlauf erkennen, der von Alter, Geschlecht und Vorhofgröße unabhängig ist. Die Kurven zeigen einen zur Volumenabszisse konvexen Verlauf, der mit zunehmender Größe der Kinder bzw. mit zunehmendem Alter flacher wird. Charakteristisch für den hier untersuchten Lebensabschnitt ist der zumeist sehr steile Verlauf der Kurven in den Gruppen I - III. Er ist durch das geringe Fassungsvermögen der kindlichen Vorhöfe mit rascher Druckzunahme schon bei geringem Volumenzuwachs von wenigen ml zu erklären. Allgemein zeigen die rechten Vorhöfe bei gleichen Druckstufen im Durchschnitt größere Füllungsvolumina als die linken Vorhöfe.

Gruppe I (1000-2000 g)

Diese Gruppe umfaßt 17 Herzen frühgeborener Kinder. Hier wie auch bei den übrigen Gruppen kann auf eine ausführliche Wiedergabe der klinischen und pathologisch-anatomischen Befunde verzichtet werden, da sie für das Verständnis nicht erforderlich sind. Zumeist handelte es sich um Kinder mit den Zeichen der Unreife, Fruchtwasseraspiration, geburtsmechanische Hirnblutungen oder um das Syndrom der hyalinen Membranen, bei den älteren Kindern um Systemerkrankungen oder Hirntumoren.

P mm Hg	Vorhofvolumen in ml		E'		K	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
10	1,5	0,9	9027	15046	13541	13541
20	2,6	1,9	12310	13541	32007	25729
50	5,1	4,2	16009	17402	81650	73088

Gewichte in g

R = 3,3

S = 1,5

L = 2,4

Tab. 1

Gruppe I, Mittelwerte von Volumina und Gewichten, E' und K.

In Tab. 1 sind die Druckstufen von 10, 20 und 50 mm Hg mit den zugehörigen durchschnittlichen Vorhofvolumina wiedergegeben. Sie betragen bei einem Druck von 10 mm Hg für den rechten Vorhof 1,5 ml, bei 20 mm Hg 2,6 ml und bei 50 mm Hg 5,1 ml. Die entsprechenden Werte für den linken Vorhof sind 0,9 ml, 1,9 ml und 4,2 ml.

Abb. 2 zeigt die graphische Darstellung der einzelnen Meßwerte, Abb. 8 die daraus errechneten Mittelwertskurven. Man erkennt, daß die Unterschiede im Füllungsvolumen der beiden Vorhöfe bei Druckstufen von 10 und 20 mm Hg noch kaum ausgeprägt sind und erst bei der Druckstufe 50 mm Hg sichtbar werden.

Die Gewichtswerte der muskulären Herzanteile betragen in

dieser Gruppe für $R = 3,3$ g, $S = 1,5$ g und $L = 2,4$ g (Tab. 1 und Abb. 10). Aus Körpergröße und Gewicht der Gruppe I ergibt sich, berechnet nach du BOIS, eine maximale Körperoberfläche von $0,15$ m². Um Unterschiede von Körpergröße und Gewicht zu berücksichtigen, wurden die Vorhofvolumina auf die Körperoberfläche bezogen. Bei der Druckstufe 10 mm Hg resultiert daraus pro m² Körperoberfläche ein Vorhofvolumen von 9,9 ml für den rechten und von 5,9 ml für den linken Vorhof. Diese Werte steigen bei der Druckstufe 50 mm Hg auf 33,7 ml für den rechten und auf 27,7 ml für den linken Vorhof an. Bezogen auf die Körperoberfläche betragen die Gewichte der muskulären Herzanteile pro m² für $R = 21,8$ g, für $S = 9,9$ g und für $L = 15,8$ g.

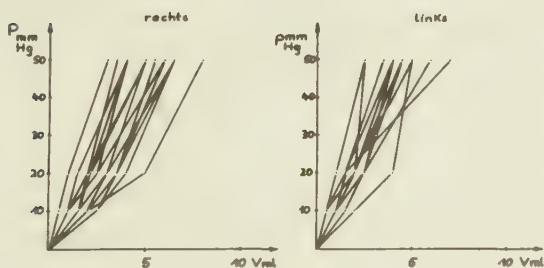


Abb. 2

Gruppe I, Druck-Volumendiagramme für rechten und linken Vorhof (17 Herzen, Einzelwerte).

Gruppe II (2000-3000 g)

Die durchschnittlichen Vorhofvolumina betragen bei 18 Herzen im Druckbereich von 10, 20 und 50 mm Hg für den rechten Vorhof 1,9 ml, 3,4 ml und 6,5 ml, für den linken Vorhof entsprechend 1,3 ml, 2,4 ml und 4,9 ml (Tab. 2). Gegenüber der Gruppe I ergibt sich eine durchschnittliche Volumenzunahme bei den beiden unteren Druckstufen von je etwa 0,5 ml, bei der Druckstufe 50 mm Hg beim rechten Vorhof ein Unterschied von 1,4 ml beim linken nur von 0,7 ml. Die Kurven (Abb. 3 und 8) verlaufen bei dieser Gruppe nur wenig flacher als bei der Gruppe I (Abb. 2), die Volumenunterschiede werden wiederum bei der höchsten Druckstufe am deutlichsten. Die durchschnittlichen Gewichte der muskulären Herzanteile sind $R = 4,5$ g, $S = 2,1$ g und $L = 3,4$ g (Tab. 2). Die Unterschiede zur Gruppe I liegen zwischen 0,6 g und 1,2 g (Abb. 10).

P mm Hg	Vorhofvolumen in ml		E'		K	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
10	1,9	1,3	7127	10416	13541	13541
20	3,4	2,4	9027	12310	6394	29545
50	6,5	4,9	12911	16009	83293	78448

Gewichte in g

$R = 4,5$

$S = 2,1$

$L = 3,4$

Tab. 2

Gruppe II, Mittelwerte von Volumina und Gewichten, E' und K.

Bezogen auf die maximale Körperoberfläche, die in dieser Gruppe $0,19 \text{ m}^2$ beträgt, ergeben sich pro m^2 Körperoberfläche bei 10 mm Hg Druck durchschnittliche Vorhofvolumina von rechts 10,9 ml, links 6,9 ml, bei 50 mm Hg Druck für den rechten Vorhof von 34,5 ml und für den linken Vorhof von 26,0 ml. In Abhängigkeit von der Körperoberfläche betragen die Werte für $R = 23,9 \text{ g}$, $S = 11,1 \text{ g}$ und $L = 18,0 \text{ g}$ jeweils pro m^2 Körperoberfläche.

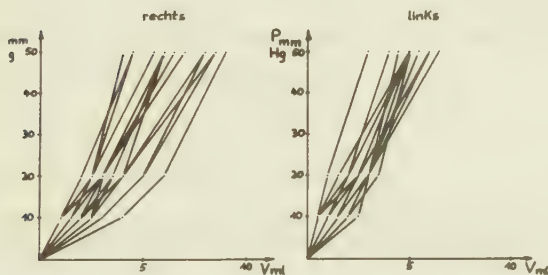


Abb. 3

Gruppe II, Druck-Volumendiagramme für rechten und linken Vorhof (18 Herzen, Einzelwerte).

Gruppe III (3000-4000 g)

Tab. 3 zeigt die durchschnittlichen Volumina der 10 Herzen dieser Gruppe. Sie betragen bei Druckstufen von 10, 20 und 50 mm Hg für den rechten Vorhof 2,7 ml, 4,2 ml und 6,8 ml, für den linken Vorhof 2,1 ml, 3,0 ml und 5,7 ml. Die Kurven

(Abb. 4) verlaufen etwas flacher als die der Gruppe II, was besonders in der Kurve der mittleren Druckvolumenwerte zum Ausdruck kommt (Abb. 8). Die Unterschiede zur Gruppe II sind kleiner als 1 ml, zwischen rechtem und linkem Vorhof betragen sie maximal 1,2 ml.

P mm Hg	Vorhofvolumen in ml		E'		K	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
10	2,7	2,1	5015	6448	13541	13541
20	4,2	3,0	9027	15046	37916	45138
50	6,8	5,7	15394	14824	104680	84496

Gewichte in g

R = 6,5

S = 3,5

L = 4,9

Tab. 3

Gruppe III, Mittelwerte von Volumina und Gewichten, E' und K.

Als Durchschnittsgewichte für R, S und L haben wir 6,5 g, 3,5 g und 4,9 g ermittelt. Die Unterschiede zur Gruppe II liegen bei maximal 2 g pro gewogenem Herzanteil (Abb. 10).

Bei einer maximalen Körperoberfläche von $0,25 \text{ m}^2$ ergeben sich pro m^2 Körperoberfläche für den rechten Vorhof bei 10 mm Hg Druck 10,8 ml und für den linken 8,4 ml, bei 50 mm Hg für den rechten Vorhof 27,2 ml und für den linken 22,8 ml. Die Gewichte für R, S und L betragen pro m^2 Körperoberfläche 26 g, 14 g und 19,6 g.

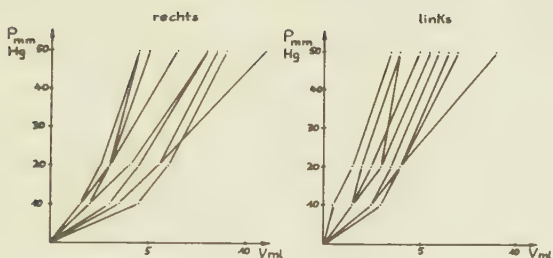


Abb. 4

Gruppe III, Druck-Volumendiagramme für rechten und linken Vorhof (10 Herzen, Einzelwerte).

Gruppe IV (4 Monate bis 1 Jahr alt)

Die Messungen dieser Gruppe erfolgten bei 7 Herzen. Bei Druckstufen von 10, 20 und 50 mm Hg ermittelten wir durchschnittliche Vorhofvolumina rechts von 3,9 ml, 6,1 ml und 10,8 ml, links von 3,1 ml, 4,7 ml und 8,7 ml (Tab. 4). Die Kurven verlaufen etwas flacher als bei der Gruppe III, besonders in den Mittelwertskurven (Abb. 8). Die Gewichte für R, S und L sind 8,1 g, 5,0 g und 9,6 g (Abb. 10). Kurven der Einzelwerte (Abb. 5).

Die Körperoberfläche dieser Gruppe beträgt maximal $0,42 \text{ m}^2$. Setzt man die Vorhofvolumina hierzu in Beziehung, so ergeben sich bei einem Druck von 10 mm Hg für den rechten Vorhof

9,0 ml, für den linken 7,1 ml; bei 50 mm Hg errechnen sich für den rechten Vorhof 24,8 ml und für den linken 20,0 ml. Pro m^2 Körperoberfläche ergeben sich für R = 18,6 g, S = 11,5 g und L = 22,1 g.

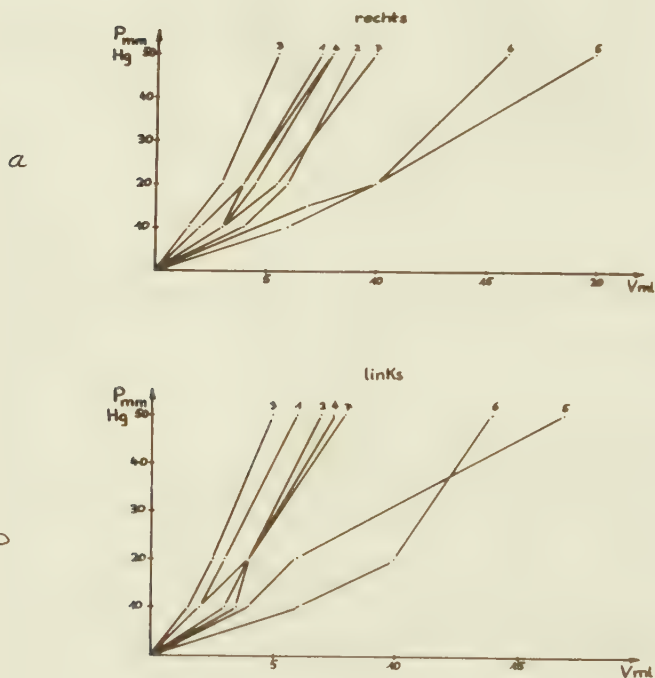


Abb. 5

Gruppe IV, Druck-Volumendiagramme für rechten (a) und linken (b) Vorhof (7 Herzen, Einzelwerte).

P mm Hg	Vorhofvolumen in ml		E'		K	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
10	3,9	3,1	3472	4368	13541	13541
20	6,1	4,7	6155	8463	37547	89778
50	10,8	8,7	8515	10006	91971	87053

Gewichte in g

R = 8,1

S = 5,0

L = 9,6

Tab. 4

Gruppe IV, Mittelwerte von Volumina und Gewichten, E' und K.

Gruppe V (2. bis 8. Lebensjahr)

In dieser Altersgruppe konnten 6 Herzen untersucht werden.

Die gemessenen Volumina, bezogen auf die einzelnen Druckstufen, sind der Tab. 5 zu entnehmen. Mit zunehmendem Alter werden die Kurven immer flacher (Abb. 6), wegen der starken Größenunterschiede der Kinder zwischen 1 und 8 Jahren haben wir eine Berechnung von Durchschnittswerten für Volumina und Gewichte nicht für alle Kinder vorgenommen, die Einzelwerte gehen aus Tab. 5 hervor.

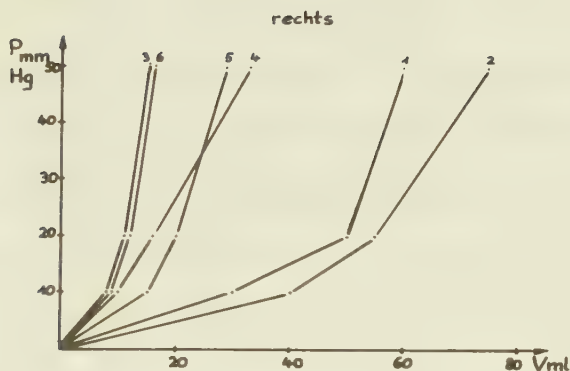
	Füllungsvolumen in ml bei				Gewichte in g		
	Vorhof	10	20	50 mm Hg	R	S	L
2 Jahre ♂	rechts	15	20	29	9,6	12,6	17,0
	links	10	14	20			
1,5 Jahre ♂	rechts	8	11	15	12,2	7,0	15,3
	links	7,6	9	12			

Füllungsvolumen in ml bei					Gewichte in g		
	Vorhof	10	20	50 mm Hg	R	S	L
1 Jahr ♀	rechts	9	12	16			
	links	5	8	12			
Mittelwerte	rechts	10,7	14,3	20,0			
	links	7,5	10,3	14,7			
8 Jahre ♂	rechts	10	16	33	10,8	17,1	28,9
	links	18	22	26			
8 Jahre ♂	rechts	40	55	75	26,3	24,6	48,9
	links	20	40	52			
7 Jahre ♂	rechts	30	50	60	19,8	26,4	45,5
	links	30	45	55			
Mittelwerte	rechts	26,6	40,3	56,0			
	links	22,6	35,6	44,3			

Tab. 5

Gruppe V , Einzelwerte der Volumina, Einzelwerte der Gewichte.

a



b

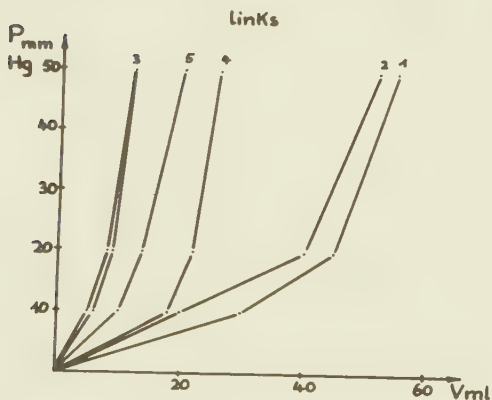


Abb. 6

Gruppe V, Druck-Volumendiagramme für rechten (a) und linken (b) Vorhof (6 Herzen, Einzelwerte).

Gruppe VI (angeborene Herzfehler)

Die Messungen wurden an 7 Herzen vorgenommen. Da es sich

um ein sehr heterogen zusammengesetztes Untersuchungsmaterial handelt, haben wir wiederum keine Durchschnittswerte berechnet. Die Einzelwerte für beide Vorhöfe gibt Tab. 6 wieder. Die untersuchten Herzen lassen sich aus der Natur des Herzfehlers in 2 Gruppen unterteilen. Die Gruppe A umfaßt Herzen ohne nennenswerte Vergrößerung oder Verkleinerung einer Herzantimere, in erster Linie Septumdefekte, die Gruppe B Herzen, bei denen im Gefolge einer Ostiumatresie wesentliche Größenänderungen der Herzhöhlen vorlagen (Abb. 7).

Tab. 6

Gruppe VI, Einzelwerte der Volumina

Füllungsvolumen in ml bei					Definition des Herzfehlers
Gruppe	Vorhof	10	20	50 mm Hg	
A	rechts	2,5	3	6	S.Nr. 352/66; VSD; 10 Tage, ♂, 50 cm, 1850 g
	links	0,5	1	3	
B	rechts	4	5,5	9	S.Nr. 384/66; Valvuläre Aortenstenose, op., Infarzierung des linken Ventrikels; 12 Jahre, ♂
	links	1,5	3	5,5	
B	rechts	2,5	3	6	S.Nr. 409/66; ASD, VSD, Trikuspidalatresie, 10 Wochen, ♂, 60 cm, 4750 g
	links	4	6,5	9,5	
A	rechts	2	3,5	7	S.Nr. 507/66; VSD, 10 Wochen, ♂, 51 cm, 2800 g
	links	3	3,5	6	
A	rechts	1	3	14	S.Nr. 527/66; VSD, 5,9 Monate, ♀, 63 cm, 5200 g
	links	4	5	16	
A	rechts	5	7	13	S.Nr. 692/66; VSD, 9 Monate, ♂, 75 cm
	links	3,5	5	9	
B	rechts	6	8	15	S.Nr. 1/67; Singulärer Ventrikel, 6 Monate, ♂
	links	6	10	20	

a



b

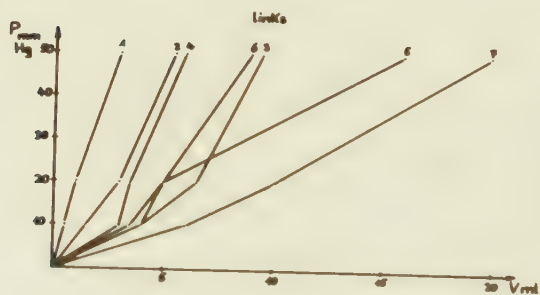


Abb. 7

Gruppe VI, Druck-Volumendiagramme für rechten (a) und linken (b) Vorhof (7 Herzen, Einzelwerte).

Besprechung der Befunde

Das Ergebnis unserer Messungen über die Beziehungen zwischen Vorhofdruck und Vorhofvolumen vom Frühgeborenen-, Kleinkindes- und Kindesalter bis hin zum Erwachsenenalter bestätigt unter Berücksichtigung der bei kleinen Herzen auftretenden methodischen Schwierigkeiten eine gute Übereinstimmung mit unseren früheren Befunden an Erwachsenenherzen (BACHMANN und BREINING, 1966; BREINING und BACHMANN, 1966). Auch in der jetzt eingehend von uns untersuchten Altersstufe waren die rechten Vorhöfe durchschnittlich größer als die linken. Die von uns als Vorhof-Volumquotient (Q_a) eingeführte Relation Füllungsvolumen linker Vorhof/Füllungsvolumen rechter Vorhof

$$Q_a = \frac{V_{as}}{V_{ad}}$$

ergibt in allen Druckstufen Werte von unter 1. Bei normalen Erwachsenenherzen bestimmen wir diesen Quotienten bei einem Druck von 30 mm Hg mit $0,88 \pm 0,32$.

Es ist bemerkenswert, daß dieser Quotient umso größer wird, je größer die Herzen bzw. je älter die Kinder sind. In der Gruppe I beträgt er bei 10 mm Hg 0,6 und steigt bei den folgenden Gruppen an. Daher ist der Unterschied in der Größe beider Vorhöfe relativ umso größer, je kleiner die Herzen sind, um beim Erwachsenen den früher von uns ermittelten Wert von 0,88 zu erreichen.

Die Steilheit der Druck-Volumendiagramme nimmt wie bei den Erwachsenen mit der Herzgröße und dem Lebensalter ab. Diesem

Verhalten liegen primär unterschiedliche Vorhofkapazitäten zugrunde. Im physiologischen Druckbereich von 10 mm Hg sind die Unterschiede jedoch gering. Wie die Werte für die Volumelastizität ($E' = \frac{P}{V}$ dyn/cm⁵) und den Volumelastizitätsmodul ($K = E' \cdot V$ dyn/cm²) (FRANK, 1926) erkennen lassen, handelt es sich bei Füllungsdrucken von 50 mm Hg schon um extreme Druckbelastungen der Vorhöfe Frühgeborener und Kinder im ersten Lebensjahr, woraus eine Überdehnung resultiert. Diese Werte können daher nicht für die Argumentation verwendet werden.

Die Körperoberfläche ist eine wichtige Bezugsgröße bei der Beurteilung zahlreicher biologischer Werte. Da Herz und Kreislauf im Dienste der Homöostase des Organismus stehen, müssen die wichtigsten hämodynamischen Parameter eine Beziehung zu der nach du BOIS aus Körpergewicht und Körpergröße berechneten Körperoberfläche aufweisen. Es ist daher bezeichnend, daß nicht nur Größen wie das Herzzeitvolumen diese erwartete Beziehung zeigen, sondern offenbar auch die Kapazität der Vorhöfe und physiologischen Füllungsdrucke (Tab. 7). Dies scheint uns auch vom architektonischen Standpunkt aus ein Beweis mehr zu sein für die funktionelle Bedeutung der Vorhöfe bei der Herzdynamik, wobei unter pathophysiologischen Bedingungen neben der Hypertrophie sicher auch ihre Windkesselfunktion wirksam wird (GRANT, BUNELL und GREENE, 1962). Dieses Verhalten spiegelt die hämodynamischen Umstellungen in den ersten beiden Lebensjahren mit Abnahme des pulmonalen Gefäßwiderstandes, Rückbildung der Rechtshypertrophie und zunehmender Druck- und Volumenbe-

lastung des linken Herzens wider. Für die Gruppe I (Frühgeburten 1000-2000 g Körpergewicht) ergibt sich so beim Druck von 10 mm Hg für den rechten Vorhof ein Wert von 9,9 ml/m² Körperoberfläche, für den linken von 5,9 ml/m². Während diese Relation für den rechten Vorhof bis zum Kleinkindesalter nahezu konstant bleibt, steigt sie für den linken Vorhof bis auf 7,1 ml an. Im Kindesalter ist ein weiterer erheblicher Anstieg zu beobachten, während im Erwachsenenalter die Werte etwas abfallen (Tab. 7). Dieses Verhalten ist als Ausdruck der hämodynamischen Umstellungen während des Wachstums zu werten.

Füllungsdruck in mm Hg	Vorhof	Gruppe				V		
		I	II	III	IV	1-2	8 J.	Erw.
10	rechts	9,9	10,9	10,8	9,0	20,3	29,3	24,6
	links	5,9	6,9	8,4	7,1	14,3	24,9	20,6
50	rechts	33,7	34,5	27,2	24,8	38,0	61,6	49,6
	links	27,7	26,0	22,8	20,0	27,9	48,7	43,5

Tab. 7

Gruppe I - V, Vorhofvolumen in ml pro m² Körperoberfläche.

Für die Gruppe der Herzfehler lassen sich aus den Vorhofvolumina keine gesetzmäßigen Beziehungen zu Körpergröße und Körperoberfläche ableiten. Die hämodynamischen Verhältnisse dieser Gruppe sind so kompliziert und die Herzfehler so heterogen zusammengesetzt, daß es weitaus größerer Zahlen bedurft hätte, um zu einer genaueren Aussage kommen zu

können. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß die meisten dieser Herzfehler das erste Lebensjahr nicht überlebt hatten. Meist kommen aber erst in höherem Lebensalter die für einen Herzfehler typischen Umbauvorgänge mit Hypertrophie und schließlicher Insuffizienz erst richtig zum Ausdruck, so daß sie auch zahlenmäßig erfaßt werden können. Es kann daher hier lediglich an einigen wenigen Fällen beispielhaft das sehr unterschiedliche Vorhofvolumen bei angeborenen Herzfehlern als Anregung für weitere Untersuchungen aufgezeigt werden.

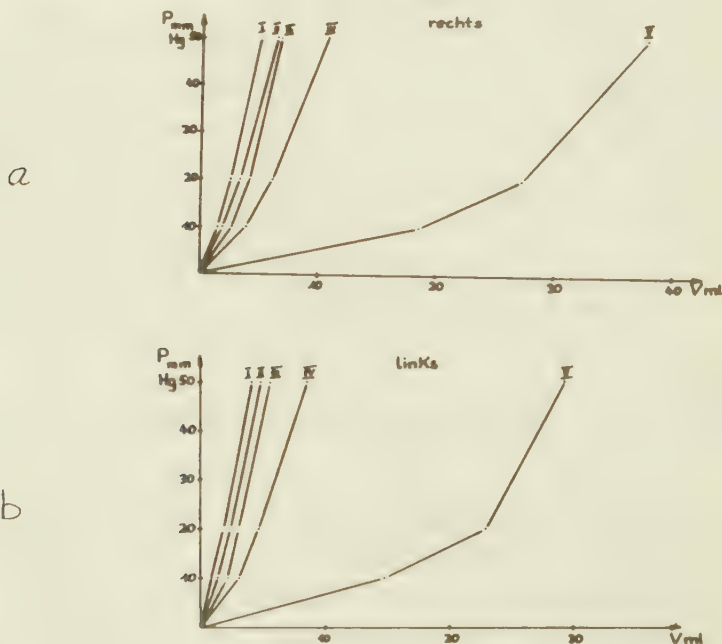


Abb. 8

Gruppe I - V, Druck-Volumendiagramme für rechten (a) und linken (b) Vorhof (Mittelwertskurven).

An einem größeren Kollektiv erworbener postendokarditischer Klappenveränderungen und daraus resultierender hämodynamisch wirksamer Vitien war es uns möglich, aus dem Vorhofvolumen auf die Art des Vitiums zu schließen (BREINING und BACHMANN, 1966). Hierüber wird an anderer Stelle noch ausführlich berichtet werden (BACHMANN und BREINING).

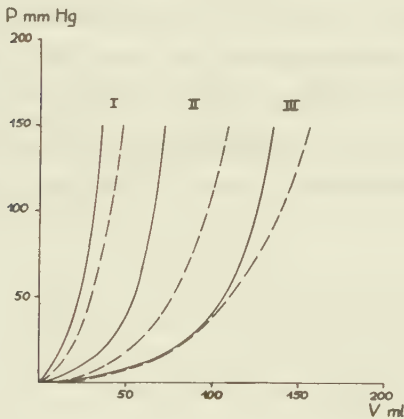


Abb. 9

Druck-Volumendiagramme menschlicher Vorhöfe. Mittelwertskurven in Abhängigkeit vom Lebensalter (aus BREINING und BACHMANN, 1966). I = 2 Jahre; II = 8 Jahre; III = 80 Jahre. Normale Herzen. ——— linker Vorhof; - - - - rechter Vorhof.

Die Herzgewichte der Gruppe I - IV bestätigen das Überwiegen der Muskulatur des rechten Ventrikels während der postnatalen Kreislaufumschaltung (HORT, 1955) und stehen in Übereinstimmung mit eigenen Untersuchungen (BREINING). Wenn man

nun die Vorhofvolumina zur funktionsfähigen Muskulatur des Herzens in Beziehung setzt und das Vorhofvolumen in ml pro g funktionsfähiger Muskulatur berechnet, ergibt sich folgendes (Tab. 8): In der Gruppe I ist im physiologischen Druckbereich (10 mm Hg) für die rechte Herzhälfte das Volumen pro g Muskulatur höher als für den linken Ventrikel, bei 20 mm Hg sind beide gleich und bei 50 mm Hg überwiegt links. In der Gruppe II sind die Volumina pro g Muskulatur für beide Vorhöfe etwa gleichgroß, in Gruppe III überwiegt links geringgradig, während in der Gruppe IV ein Überwiegen der rechten Herzhälfte zu verzeichnen ist. Dieses Verhalten spiegelt die Differenzierung in Hoch- und Niederdrucksystem wieder.

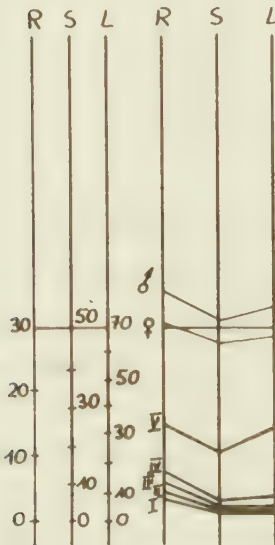


Abb. 10

Graphische Darstellung der mittleren Gewichte von Septum (S), freiem Anteil von rechtem (R) und linkem (L) Ventrikel (Gruppe I-V) und normale Erwachsenenherzen (♂ und ♀) zum Vergleich.

Druck in mm Hg	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III		Gruppe IV	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
10	0,45	0,37	0,42	0,38	0,41	0,43	0,48	0,32
20	0,79	0,79	0,75	0,70	0,64	0,61	0,75	0,49
50	1,54	1,75	1,44	1,44	1,04	1,16	1,33	0,90

Tab. 8

Gruppe I - IV, Vorhofvolumen in ml pro g Muskulatur.

Zusammenfassung

In Weiterführung früherer Untersuchungen über das Volumen und die elastischen Eigenschaften menschlicher Vorhöfe haben wir 64 Herzen von Frühgeborenen, Säuglingen und Kleinkindern mit vereinfachter Methodik untersucht und das Volumen der Vorhöfe zur Körperoberfläche sowie zum Körpergewicht in Beziehung gesetzt. Mit zunehmendem Lebensalter verlaufen die aufgezeichneten Druck-Volumendiagramme als Ausdruck einer Zunahme der Vorhofkapazität zunehmend flacher. Die postnatale Kreislaufumstellung zeigt sich somit nicht nur in der Massenverschiebung und in der Wanddickenänderung beider Kammern, sondern auch im Verhalten der Füllungsvolumina beider Vorhöfe. Bei angeborenen Herzfehlern ergaben sich sehr divergierende Werte, aus denen wegen der geringen Zahl der untersuchten Fälle Gesetzmäßigkeiten noch nicht abgeleitet werden konnten.

L i t e r a t u r

BACHMANN K. und H. BREINING: Das Volumen und die elastischen Eigenschaften menschlicher Vorhöfe.

Arch. Kreislaufforschg. 51, 272-290 (1966)

BACHMANN K. und H. BREINING: In Vorbereitung.

BREINING H.: Massenverhältnisse des Herzens und Gewichtsrelationen von der Frühgeborenenperiode bis zum Erwachsenenalter.

(im Druck)

BREINING H. und K. BACHMANN: Druck-Volumen-Messungen an menschlichen Vorhöfen.

Verh. Dtsch. Ges. Path. 50, 347-349 (1966)

BREINING H. und K. BACHMANN: In Vorbereitung,

FRANK O.: Sitzungsber. Ges. Morph. u. Physiol. 27, 29 (1926)

GEIGY - Wiss. Tabellen, 6. Aufl. 1960.

GRANT R.P., A.G. MORROW and E. SHARPE: Hemodynamic and volumetric changes in mitral valve disease in man.

Circulation 14, 944 (1956)

HIFFELSHEIM M. and Ch. ROBIN: J. Anat. Physiol. 1, 413 (1864).

HOCHREIN M.: Untersuchungen am venösen Teil des Kreislaufs.

Arch. exp. Path. Pharm 124, 343-355 (1927)

HORT W.: Quantitative histologische Untersuchungen an wachsenden Herzen.

Virchows Arch. path. Anat. 323, 223-242 (1953)

HORT W.: Morphologische Untersuchungen an Herzen vor, während und nach der postnatalen Kreislaufumschaltung.

Virchows Arch. path. Anat. 326, 458-484 (1955)

MORITZ F. und W. MOHR: Z. Kreislaufforschg. 25, 609 (1933)

MÜLLER W.: Die Massenverhältnisse des Herzens.

Hamburg: Voß 1883

OTTO H. und K.P. WEBER: Getrennte Ventrikelwägung zur Bestimmung der Herzhypertrophie.

Frankf. Z. Path. 76, 52-65 (1966)

ROESSLE R. und F. ROULET: Maß und Zahl in der Pathologie.

Springer: Berlin und Wien 1932

SPREER F.: Über quantitative formgerechte Darstellung der Herzhöhlen im Ausgußverfahren.

Z. Kreislaufforschg. 48, 501-516 (1959)

L e b e n s l a u f

Als Sohn des Dipl.-Kfm. Karl Fischer und seiner Ehefrau Ilse Fischer, geb. Utsch, wurde ich, Karl Fischer, am 28.6.1939 in Berlin geboren. Ich besitze die deutsche Staatsangehörigkeit und bin evangelisch.

Nach Abschluß der Grundschule besuchte ich ein naturwissenschaftliches Gymnasium und bestand am 4. März 1961 an der Otto Kühne Schule, Bad Godesberg, die Reifeprüfung.

Im Sommersemester 1961 begann ich mit dem Studium der Medizin an der Universität zu Köln und bestand dort am 30.10.1962 die naturwissenschaftliche Vorprüfung.

Im Wintersemester 1962/63 setzte ich das Studium der Medizin an der Universität Erlangen fort und legte am 8. März 1965 die ärztliche Vorprüfung ab.

Am 13. August 1968 bestand ich das medizinische Staatsexamen an der Universität Erlangen-Nürnberg.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogn, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
